

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 7月 9日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-199918

[ST.10/C]:

[JP2002-199918]

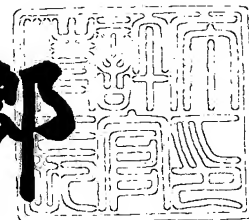
出 願 人
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3021518

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000202687

【提出日】 平成14年 7月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 フォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法

【請求項の数】 9

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

 【氏名】 伊藤 祥代

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

 【氏名】 伊藤 正光

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

 【氏名】 蓮沼 正彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100058479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴江 武彦

 【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数 1】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} (\text{m}^{-1})$$

の条件を満たすフォトマスク。

【請求項 2】 前記遮光膜の室温における内部応力が、500MPa 以上 5GPa 以下である請求項 1 に記載のフォトマスク。

【請求項 3】 基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数 2】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 0.87 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

の条件を満たすフォトマスク。

【請求項 4】 前記遮光膜の室温における内部応力が、1 GPa 以上 4.5 GPa 以下である請求項 2 に記載のフォトマスク。

【請求項 5】 基板上に半透明膜及び遮光膜を順次積層形成し、
前記半透明膜及び遮光膜の内部応力を測定し、

前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、マスクパターン形成後の前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の仮想被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とし、マスクパターン形成後の所望のフォトマスクの予測反り量を $A (m^{-1})$ とするとき、以下の式

【数 3】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq A (m^{-1})$$

を満たすか否かを判定し、

前記判定結果に基づき前記式を満たす被覆率となるように前記半透明膜及び前記遮光膜を選択的に除去する

フォトマスクの製造方法。

【請求項 6】 前記予測反り量 A は $1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$ である請求項 5 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 7】 前記予測反り量 A は $0.87 \times 10^{-4} (m^{-1})$ である請

求項 5 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 8】 前記仮想被覆率 h が $100\% > h \geq 30\%$ である請求項 5 に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 9】 被加工基板上にフォトレジストを形成し、

基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数 4】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

の条件を満たすフォトマスクのマスクパターンに光を透過させて前記マスクパターンを前記フォトレジストに転写し、

前記フォトレジストを現像し、

前記フォトレジストをマスクとして前記被加工基板を選択的に加工する

電子部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所望の平坦度を有するフォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体製造プロセスに用いられているフォトリソグラフィ工程での課題が顕著になりつつある。半導体デバイスの微細化が進むにつれ、フォトリソグラフィ工程での微細化に対する要求が高まっている。既に、デバイスの設計ルールは $0.13\mu\text{m}$ にまで微細化している。これにより、制御しなければならないパターン寸法精度は 10nm 程度と極めて厳しい精度が要求されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

このような中、パターン形成工程の高精度化を妨げている一要因として、リソグラフィ工程に用いられるフォトマスクの平坦度が挙げられる。微細化に伴いリソグラフィ工程での焦点裕度が少なくなる中で、フォトマスクの平坦度が無視できなくなっている。

【0004】

フォトマスクは、一般に石英基板上に半透明膜および遮光膜を成膜して作成する。しかしながら、半透明膜は 1GPa を超える大きな内部応力をもつ。従って、この内部応力により基板が変形し、平坦度を悪化させていた。この平坦度の悪化は、歩留まり低下の大きな要因となっていた。また、石英基板上に半透明膜および遮光膜を成膜した後、マスクパターンを形成することによりマスクは完成する。しかしながら、半透明膜、遮光膜が成膜時にもつ内部応力から、マスクパターン形成後の基板の変形を予測することが困難であったため、平坦度の制御ができなかった。

【0005】

本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、所望の平坦度を有するフォトマスク、フォトマスクの製造方法及び電子部品の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

この発明の一の観点によれば、基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率(MPa)を E_0 、 E_1 及び E_2 とし

、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数 5】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq 1.4 \times 10^{-4} (\text{m}^{-1})$$

【0007】

の条件を満たすフォトリソマスクが提供される。このような構成によれば、平坦度が約 $0.8 \mu\text{m}$ 以下のフォトリソマスクが得られる。このようなフォトリソマスクを用いてパターン露光を行う場合、露光時の焦点裕度が格段に増し、半導体などの電子部品の製造歩留まりが大きく向上する。

【0008】

本発明の別の観点によれば、基板上に半透明膜及び遮光膜を順次積層形成し、前記半透明膜及び遮光膜の内部応力を測定し、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、マスクパターン形成後の前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の仮想被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とし、マスクパターン形成後の所望のフォトリソマスクの予測反り量を $A (\text{m}^{-1})$ とするとき、以下の式

【数 6】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{s_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{s_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right| \leq A(m^{-1})$$

【0 0 0 9】

を満たすか否かを判定し、前記判定結果に基づき前記式を満たす被覆率となるように前記半透明膜及び前記遮光膜を選択的に除去するフォトマスクの製造方法が提供される。

【0 0 1 0】

これにより、マスクパターン形成後の反り量をマスク完成前に予め予測することができ、フォトマスク製造の歩留まりが大きく向上する。

【0 0 1 1】

また、本発明の一の実施形態によれば、予測反り量 A は $1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$ である。これにより、平坦度が約 $0.8 \mu m$ 以下のフォトマスクを製造することができる。×

また、本発明のさらに別の一の実施形態によれば、仮想被覆率 h が $100\% > h \geq 30\%$ である。

【0 0 1 2】

さらに本発明の別の観点によれば、被加工基板上にフォトレジストを形成し、基板と、前記基板上に選択的に形成された半透明膜と、前記半透明膜上に選択的に形成された遮光膜とを具備してなり、前記基板、半透明膜及び遮光膜の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、前記半透明膜及び遮光膜の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、前記遮光膜が形成されていない領域における前記半透明膜の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、

【数 7】

$$\left| \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{S_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{S_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\} \right|$$

$$\leq 1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$$

【0013】

の条件を満たすフォトマスクのマスクパターンに光を透過させて前記マスクパターンを前記フォトレジストに転写し、前記フォトレジストを現像し、前記フォトレジストをマスクとして前記被加工基板を選択的に加工する電子部品の製造方法が提供される。

【0014】

これにより、フォトマスクを用いた被加工基板へのパターン露光時の焦点裕度が格段に増し、半導体部品などの電子部品の製造歩留まりが大きく向上する。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0016】

(第1実施形態)

図1は本発明の第1実施形態に係るフォトマスク10の全体構成を示す縦断面図である。図1に示すように、大きさが152mm角で厚さ約6mmの光透過性の石英基板1上に、MoSiON（以下、単にMoSiと称する）からなる半透明膜2が約95nmの膜厚で選択的に形成されている。さらに、この半透明膜2上にはCrからなる遮光膜3が約59nmの膜厚で選択的に形成されている。

【0017】

図1の4で示される領域はパターン形成領域、5で示される領域は周辺領域である。パターン形成領域4は、ウェハ上に転写すべき回路パターンが形成される領域である。周辺領域5は、パターン形成領域4を取り囲むようにパターン形成領域4の周辺部分に設けられた領域であり、遮光膜3で覆われている。これにより、パターン形成領域以外の不要なパターンが転写されるのを防止することがで

きる。

【 0 0 1 8 】

本実施形態では、フォトマスクの特性を表す値の一つとして被覆率 h が用いられる。被覆率 h は、パターン形成領域 4 の全面積 W_1 に対して、このパターン形成領域 4 内において石英基板 1 を被覆する半透明膜 2 が形成される面積 W_2 の比で表される。すなわち、 $h = W_2 / W_1$ で表される。

【 0 0 1 9 】

パターン形成領域 4 は、石英基板 1 のみからなる透過領域 4 a と、石英基板 1 と半透明膜 2 が積層形成された半透過領域 4 b からなる。半透明膜 2 は、位相シフト層として機能する。透過領域 4 a を通過する光（例えば光透過率約 1 0 0 %）と、半透過領域 4 b を通過する光（例えば光透過率約 6 %）の位相が互いに異なる作用（例えば位相差 1 8 0 °）を利用し、パターン形成領域 4 に形成されたパターンがウェハ上に転写される。

【 0 0 2 0 】

ここで、石英基板 1、半透明膜 2 及び遮光膜 3 の各々のヤング率 (MP a) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とする。半透明膜 2 及び遮光膜 3 の各々の室温（例えば 2 5 °C）における内部応力 (MP a) を s_1 及び s_2 とする。また、マスクパターン形成後の上述した半透明膜 2 の被覆率を h と定義する。さらに、定数 $k_1 \sim k_4$ を、 $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とする。

【 0 0 2 1 】

本発明者らは、多くの内部応力の異なるマスク基板と被覆率の関係を検討することにより、上述した各パラメータ及びマスクパターン形成後の基板の反り量の指標となる曲率半径 R に以下の関係があることを見出した。

【 0 0 2 2 】

【数 8】

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{E_0 \cdot d_0} \cdot \left\{ h \cdot \left(K_1 \cdot \frac{S_1}{E_1 \cdot d_1} + K_2 \right) + \left(K_3 \cdot \frac{S_2}{E_2 \cdot d_2} + K_4 \right) \right\}$$

… (1)

【0023】

この式 (1) における $1/R$ の絶対値、すなわち基板の反り量を $|1/R| \leq 1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ にすると、マスクパターン形成後のフォトマスクの平坦度を $0.8 \mu\text{m}$ 以下程度に抑えることができる。平坦度とは、フォトマスクの最大の高低差を指す。

【0024】

従って、本実施形態におけるフォトマスクは、上記式 (1) を満たすような石英基板 1、半透明膜 2 及び遮光膜 3 を用いて形成されている。

【0025】

図 2 は図 1 のフォトマスクの製造方法の工程断面図である。

【0026】

図 2 (a) に示すように、まず大きさ 152 mm 角で厚さ約 6 mm の石英基板 1 上に、 MoSi からなる半透明膜 2 をスパッタリングにより例えば膜厚 95 nm 成膜する。次いで、半透明膜 2 上に、 Cr からなる遮光膜 3 をスパッタリングにより例えば膜厚 59 nm 成膜する。これにより、石英基板 1、半透明膜 2 及び遮光膜 3 の積層構造からなるハーフトーンマスクブランク (フォトマスク用原板) が形成される。この Cr からなる遮光膜 3 のスパッタリングでは、ターゲットに衝突させるための Ar のガス圧を従来一般的に用いられるガス圧である 5 mTorr よりも高めの 11 mTorr に設定する。このようにして成膜された半透明膜 2 及び遮光膜 3 の内部応力を X 線回折を用いて測定した。X 線回折により、 MoSi 及び Cr の格子面間隔を測定し、 $\sin^2 \psi$ 法を用いて内部応力を算出したところ、 Cr の場合引っ張りの 2100 MPa 、 MoSi は圧縮の 1400 MPa であった。

【0027】

次に、このように形成されたハーフトーンマスクブランクスについて、半透明膜 2 の被覆率 h を 3 0 %、5 0 %、7 0 % 及び 1 0 0 % の場合の各々について、式 (1) を用いて $1/R$ の値を求めた。算出結果を以下の表 1 に示す。

【 0 0 2 8 】

【表 1】

表 1

MoSi膜			Cr膜			被覆率	1/R(計算値) (m^{-1})	平坦度 (測定値) (μm)	マスク 歩留まり
ヤング率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部応力 (Mpa)	ヤング率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部応力 (Mpa)				
275	95	-1400	255	59	2100	0.3	6.66×10^{-6}	0.04	OK
275	95	-1400	255	59	2100	0.5	-3.53×10^{-5}	0.20	OK
275	95	-1400	255	59	2100	0.7	-7.72×10^{-5}	0.45	OK
275	95	-1400	255	59	2100	1	-1.40×10^{-4}	0.80	OK

【 0 0 2 9 】

表 1 に示すように、いずれの被覆率 h の場合も、 $|1/R| \leq 1.4 \times 10^{-4}$ (m^{-1}) となった。従って、被覆率 h を 3 0 % ~ 1 0 0 % にした場合には、所望のフォトマスクを形成できることが確認できた。

【 0 0 3 0 】

次に、得られたハーフトーンマスクブランクス of 遮光膜 3 の表面に、ポジ型化学増幅型レジストを約 5 0 0 nm の膜厚で塗布する。次に、約 5 0 keV の加速電圧を有する電子ビーム描画装置を用いて、マスク上換算で 0.6 μm (フォトマスクの転写倍率が 4 倍、ウェハ上換算で 0.13 μm) ルールのホール径の 1 GDRAM のパターンを描画した。描画後、110℃で15分間ベークした後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。なお、このレジストパターン形成では、パターン形成後の被覆率 h が 3 0 %、5 0 %、7 0 % 及び 1 0 0 % となるような 4 種類のパターンを形成した。被覆率 h が 1 0 0 % の場合、電子ビーム描画装置によりパターンを描画する必要が無い。

【 0 0 3 1 】

次に、図 2 (b) に示すように、前記レジストパターンをエッチングマスクと

して用い、反応性イオンエッチングにより遮光膜 3 と半透明膜 2 の双方をエッチングした。エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置によりレジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。次いで、パターン形成領域 4 の遮光膜 3 をウェットエッチングにより除去することにより、被覆率 h が 3 0 %、5 0 %、7 0 % 及び 1 0 0 % のハーフトーン位相シフトマスクが得られる（図 2（c））。遮光膜 3 と半透明膜 2 の双方がエッチングされた領域は石英基板 1 のみとなるため、透過領域 4 a となる。また、遮光膜 3 のみがエッチングされた領域は石英基板 1 上に半透明膜 2 が残存した領域であり、半透過領域となる。

【 0 0 3 2 】

上述した製造方法により得られた被覆率 h が 3 0 %、5 0 %、7 0 % 及び 1 0 0 % のハーフトーン位相シフトマスクのそれぞれについて、平坦度を光学干渉計により測定した結果を表 1 に示す。いずれの被覆率 h のマスクでも平坦度は 0 . 8 μ m 以下に抑えられており、焦点裕度が従来のものに比較して増しており、製造歩留まりの向上が期待できる。

【 0 0 3 3 】

次に、上述した製造方法により得られたハーフトーン位相シフトマスクを用いた電子部品の製造方法について図 3 の工程断面図に沿って説明する。本実施形態では、電子部品の一例として半導体装置を製造する場合を例に説明する。

【 0 0 3 4 】

まず、フォトレジスト 3 4 を塗布した被加工基板 3 3 を準備する（図 3（a））。被加工基板は、ウェハ自体や、ウェハ上に半導体膜、金属膜や絶縁膜などの膜が単層あるいは積層して形成された基板など、パターンを形成する対象となり得るいかなる基板も含まれる。この被加工基板 3 3 上に、露光装置を用いてフォトマスクの回路パターンを転写する（図 3（b））。

【 0 0 3 5 】

露光装置の構成の一例を図 4 に示す。図 4 に示すように、露光装置 3 0 は、照明光学系（光源）3 1 からの光 3 1 a をフォトマスク 1 0 に導き、このフォトマスク 1 0 を通過した光を投影光学系 3 2 を通してステージ 3 6 に載置された被加

工基板 3 3 上に転写する。より具体的には、被加工基板 3 3 上のフォトレジスト 3 4 にフォトマスク 1 0 の回路パターンが照射される。その後、露光部、すなわち光が照射された部分のフォトレジスト 3 4 を溶剤で溶かして未露光部のレジストパターンを残存させる現像工程（図 3（c））を経た後、所定の温度で所定の時間ベークされる。次に、このレジストパターンをマスクとしてエッチングが行われる（図 3（d））。これにより、フォトレジスト 3 4 が残存せずに露出した被加工基板 3 3 が、その表面から所定の深さだけ選択的に除去される。これにより、被加工基板 3 3 表面の膜などは、フォトマスクに対応した形状に加工される。エッチングが終了した後、酸素プラズマ等を用いたアッシングによりレジストを剥離し、洗浄する（図 3（e））。

【 0 0 3 6 】

以上のフォトリソグラフィ工程が終了した後、半導体、金属あるいは絶縁体等の膜 3 5 を形成する（図 3（f））。この膜 3 5 に対して、あるいは膜 3 5 と被加工基板 3 3 に対して、例えば CMP やエッチバックなどにより平坦化した後、上述したのと同様の手法によりフォトリソグラフィ工程を経て、膜 3 5 を加工する。さらに、この膜 3 5 が加工された基板に対して新たな膜を堆積し、…というように、膜形成とフォトリソグラフィ工程後の膜加工を繰り返し経ることにより、トランジスタ、キャパシタ、電極、配線などが形成された半導体基板が得られる。さらにこの半導体基板に対してダイシング、マウント、ボンディング、封止などの工程を経ることにより、半導体部品が完成する。

【 0 0 3 7 】

得られた半導体部品の概観を電子顕微鏡などを用いて検査したり、機能・性能などの特性検査を行うことにより、DRAM などの半導体部品の製造歩留まりが大きく向上することを確認できた。

【 0 0 3 8 】

比較のため、従来技術により作製されたフォトマスクの特性と、そのフォトマスクを用いて作製された半導体部品の歩留まりを測定した。

【 0 0 3 9 】

以下、従来技術を用いたフォトマスクの製造方法を示す。

【 0 0 4 0 】

まず、大きさ 1 5 2 m m 角で厚さ約 6 m m の石英基板上に、半透明膜である M o S i 膜を膜厚 9 5 n m スパッタリングにより成膜した。その後、遮光膜である C r 膜を膜厚 5 9 n m スパッタリングにより成膜した。X 線回折を用いて格子面間隔のひずみ量を測定することにより、M o S i 膜、C r 膜それぞれの内部応力を測定した。その結果、M o S i 膜が圧縮の 1 4 0 0 M P a、C r 膜が 0 M P a であった。M o S i 膜が持つ大きな内部応力により、得られたマスクブランクスには反りが発生した。光学干渉計を用いてマスクブランクスの平坦度を測定したところ、1 . 9 μ m であった。このハーフトーンマスクブランクスに、ポジ型化学増幅型レジストを 5 0 0 n m の膜厚だけ塗布し、5 0 k e V の加速電圧を有する電子ビーム描画装置を用いてマスク上換算で 0 . 6 μ m (フォトマスクの転写倍率が 4 倍、ウェハ上換算で 0 . 1 3 μ m) ルールのホール径の 1 G D R A M のパターンを描画した。描画後、1 1 0 $^{\circ}$ C で 1 5 分間ベークした後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【 0 0 4 1 】

次に、前記レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングにより M o S i 膜と C r 膜をエッチングした。エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置によりレジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。続いてパターン形成領域の C r 膜をウェットエッチングによって除去することにより、ハーフトーン位相シフトマスクを得た。

【 0 0 4 2 】

こうして作製したマスクには、M o S i 膜の内部応力による基板変形がパターン形成後も残る。パターン形状によって、マスク上の M o S i 膜の被覆率 h は異なり、基板の変形量は被覆率 h に依存して変化する。M o S i 膜の被覆率 h が 3 0 %、5 0 %、7 0 % 及び 1 0 0 % のフォトマスクをそれぞれ作製し、光学干渉計を用いて平坦度を測定した結果を表 2 に示す。

【 0 0 4 3 】

【表 2】

表 2

MoSi膜			Cr膜			被覆率	1/R(計算値) (m^{-1})	平坦度 (測定値) (μm)	マスク 歩留まり
ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)				
275	95	-1400	255	59	0	0.3	-1.77×10^{-4}	-1.02	NG
275	95	-1400	255	59	0	0.5	-2.19×10^{-4}	-1.26	NG
275	95	-1400	255	59	0	0.7	-2.61×10^{-4}	-1.51	NG
275	95	-1400	255	59	0	1	-3.24×10^{-4}	-1.87	NG

【0044】

また、このように作製されたフォトマスクについて、上述した式(1)に基づき得られた $1/R$ の値も表2に示している。石英基板のヤング率は73GPa、MoSi膜のヤング率は275GPa、Cr膜のヤング率が255GPaである。いずれの被覆率についても、 $1/R$ の絶対値が 1.4×10^{-4} を超え、すべての被覆率において、平坦度は $0.8 \mu m$ を超えていた。表1と比較して分かるように、本実施形態を用いる場合に比較して平坦度の絶対値が大きくなっている。また、実施形態で示した半導体部品の製造方法と同様の方法により半導体部品を製造した結果、製造歩留まりが低下した。

【0045】

さらに、通常はマスクパターンを形成してから反り量が判明する。従って、反り量が大きく使用できないフォトマスクが製造された場合、マスクパターン形成工程が無駄になっていた。このような背景の中、予めマスクパターン形成後のマスク反り量を予測する手段が望まれていたところ、上述したように、本実施形態を適用することにより、平坦度の良好なフォトマスクが得られた。また、そのようなフォトマスクを用いたDRAMなどの半導体製品の製造歩留まりが従来技術に比較して大きく向上した。

【0046】

このように本実施形態によれば、平坦度の良好なフォトマスクが得られる。従って、ウェハ露光時の焦点裕度が格段に増し、DRAMなどの半導体製造歩留まり

りが大きく向上する。

【0047】

(第2実施形態)

本実施形態は、フォトマスクの製造方法に関する。より具体的には、マスクパターンを形成した後のマスク基板の反り量を、所望の反り量に制御することができるフォトマスクの製造方法に関する。第1実施形態と共通する構成には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0048】

以下、本実施形態のフォトマスクの製造方法を図5のフローチャートに沿って説明する。

【0049】

まず、大きさ152mm角で厚さ約6mmの石英基板1上に、MoSiからなる半透明膜2をスパッタリングにより例えば膜厚95nm成膜する。次いで、半透明膜2上に、Crからなる遮光膜3をスパッタリングにより例えば膜厚59nm成膜する(s51)。これにより、石英基板1、半透明膜2及び遮光膜3の積層構造からなるハーフトーンマスクブランクが形成される。このCrからなる遮光膜3のスパッタリングでは、ターゲットに衝突させるためのArのガス圧を $P_1 = 7 \text{ mTorr}$ 、 $P_2 = 8 \text{ mTorr}$ 、 $P_3 = 13 \text{ mTorr}$ 、 $P_4 = 18 \text{ mTorr}$ 、及び $P_5 = 20 \text{ mTorr}$ の5種類に設定する。これにより、ハーフトーンマスクブランクはCr膜スパッタリング時のガス圧に応じて5種類作製される。このようにして成膜された半透明膜2及び遮光膜3の内部応力をX線回折を用いて測定する(s52)。X線回折により、MoSi及びCrの格子面間隔が測定され、 $\sin^2\psi$ 法を用いて内部応力を算出したところ、MoSiの内部応力はすべて圧縮の1400GPaであった。Cr膜の内部応力は、それぞれ引っ張りの500MPa、1050MPa、2750MPa、4400MPa及び5000MPaであった。

【0050】

次に、得られた半透明膜2及び遮光膜3の内部応力とマスクパターン形成後の仮想被覆率hを、第1実施形態で示した式(1)に代入し、 $1/R$ の値を算出す

る (s 5 3)。石英基板 1、半透明膜 2 及び遮光膜 3 の各々のヤング率は、7 3 G P a、2 7 5 G P a 及び 2 5 5 G P a である。5 種類のマスクブランクスについて、式 (1) により $1/R$ を計算した結果を表 3 及び表 4 に示す。

【0 0 5 1】

【表 3】

表 3

遮光膜 Ar ガス圧 (mTorr)	MoSi膜			Cr膜			仮 想 被 覆 率	1/R(計算値) (m^{-1})	判定 結果 \leq 1.4×10^{-4}	判定 結果 \leq 0.87×10^{-4}
	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)				
P ₁ =7	275	95	-1400	255	59	500	0.3	-1.33×10^{-4}	○	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.4	-1.54×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.5	-1.75×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.6	-1.96×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.7	-2.17×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.8	-2.38×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	0.9	-2.59×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	500	1	-2.80×10^{-4}	×	×
P ₂ =8	275	95	-1400	255	59	1050	0.3	-8.51×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	1050	0.4	-1.06×10^{-4}	○	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.5	-1.27×10^{-4}	○	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.6	-1.48×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.7	-1.69×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.8	-1.90×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	0.9	-2.11×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	1050	1	-2.32×10^{-4}	×	×
P ₃ =13	275	95	-1400	255	59	2750	0.3	6.35×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.4	4.25×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.5	2.15×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.6	5.55×10^{-7}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.7	-2.04×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.8	-4.14×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	0.9	-6.24×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	2750	1	-8.33×10^{-5}	○	○

【0052】

【表 4】

表 4

遮光膜 Ar ガス圧 (mTorr)	MoSi膜			Cr膜			仮 想 被 覆 率	1/R(計算値) (m^{-1})	判定 結果 \leq 1.4×10^{-4}	判定 結果 \leq 0.87×10^{-4}
	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング 率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)				
P ₄ =18	275	95	-1400	255	59	4400	0.3	2.08×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.4	1.87×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.5	1.66×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.6	1.45×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.7	1.24×10^{-4}	○	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.8	1.03×10^{-4}	○	×
	275	95	-1400	255	59	4400	0.9	8.19×10^{-5}	○	○
	275	95	-1400	255	59	4400	1	6.09×10^{-5}	○	○
P ₅ =20	275	95	-1400	255	59	5000	0.3	2.60×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.4	2.39×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.5	2.18×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.6	1.97×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.7	1.76×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.8	1.55×10^{-4}	×	×
	275	95	-1400	255	59	5000	0.9	1.34×10^{-4}	○	×
	275	95	-1400	255	59	5000	1	1.13×10^{-4}	○	×

【0053】

次いで、得られた5種類のマスクブランクスで得られた $|1/R|$ が、マスクパターン形成後に所望の反り量A (m^{-1})の範囲内か否かを判定する(s54)。所望の反り量Aは要求されるパターン寸法精度などに応じて自由に設定することができるが、本実施形態ではウェハ上換算で0.13 μm ルールに対応する 1.4×10^{-4} (m^{-1})以下、およびウェハ上換算で0.10 μm ルールに対応する 0.87×10^{-4} (m^{-1})以下について判定を行った。また、仮想被覆率hは、 $100\% \geq h \geq 30\%$ の範囲に設定した。具体的には、 $h = 30\%$

、40%、50%、60%、70%、80%、90%及び100%とした。なお、仮想被覆率 $h = 100\%$ は、パターン形成領域4がすべて半透明膜2で覆われたフォトマスクであり、実際のパターン露光には用いられないが、比較のために算出した。

【0054】

表3及び表4には、この判定ステップによる判定結果も併せて示してある。所望の反り量 A が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下の場合の判定結果を判定結果①に、 $0.87 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下の場合の判定結果を判定結果②に示す。表3及び表4で、丸印で示されたマスクブランクスは、マスクパターン形成後に所望の反り量の範囲内に収まり、それ以外は、マスクパターン形成後に所望の反り量を超えてしまうものと予想される。

【0055】

表3及び表4に示すように、遮光膜3であるCrの内部応力が500MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が1050MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%～50%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が2750MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が30%～100%のすべての領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が4400MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が70%～100%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。遮光膜3であるCrの内部応力が5000MPaのマスクブランクスは、半透明膜2の被覆率が90%～100%の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ 以下になると判断できる。

【0056】

これらより、遮光膜3であるCrの室温における内部応力が、500MPa以

上 5 G P a 以下程度であれば、マスクパターンを選択することにより $|1/R| \leq 1.4 \times 10^{-4}$ 、平坦度 $0.8 \mu m$ 以下を実現できることが理解される。

【 0 0 5 7 】

さらに、遮光膜 3 である C r の内部応力が 1 0 5 0 M P a のマスクブランクスは、半透明膜 2 の被覆率が 3 0 % の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $0.87 \times 10^{-4} (m^{-1})$ 以下になると判断できる。遮光膜 3 である C r の内部応力が 2 7 5 0 M P a のマスクブランクスは、半透明膜 2 の被覆率が 3 0 % ~ 1 0 0 % のすべての領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $0.87 \times 10^{-4} (m^{-1})$ 以下になると判断できる。遮光膜 3 である C r の内部応力が 4 4 0 0 M P a のマスクブランクスは、半透明膜 2 の被覆率が 9 0 % ~ 1 0 0 % の領域で、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量が $0.87 \times 10^{-4} (m^{-1})$ 以下になると判断できる。

【 0 0 5 8 】

これらより、遮光膜 3 である C r の室温における内部応力が 1 0 0 0 M P a 以上 4 5 0 0 M P a 程度であれば、マスクパターンを選択することにより $|1/R| \leq 0.87 \times 10^{-4}$ 、平坦度 $0.5 \mu m$ 以下を実現できることが理解される。

【 0 0 5 9 】

次に、この C r 膜付のハーフトーンマスクブランクスをフォトリソグラフィ工程によりパターンニングする (s 5 5)。これにより、所望のマスクパターンが形成されたフォトマスクが完成する。この際、(s 5 4) の判定結果に基づき、反り量が所望の値以下になると判定された被覆率のマスクパターンとなるように、パターンを選択して形成する。これにより、予め反り量が所望の値を超えてしまうようなフォトマスクを形成する必要が無くなり、フォトマスクの製造歩留まりが向上する。具体的には、遮光膜 3 の C r の内部応力が 2 7 5 0 M P a のマスクブランクスは、半透明膜 2 の被覆率が 3 0 %、5 0 %、7 0 % 及び 9 0 % のマスクパターンを形成した。C r の内部応力が 1 0 5 0 M P a のマスクブランクスは、半透明膜 2 の被覆率が 3 0 % 及び 5 0 % のマスクパターンを選択して形成した。C r の内部応力が 5 0 0 M P a のマスクブランクスは、半透明膜 2 の被覆率が

30%のマスクパターンを選択して形成した。Crの内部応力が4400MPaのマスクブランクは、半透明膜2の被覆率70%及び90%のマスクパターンを選択して形成した。Crの内部応力が5000MPaのマスクブランクは、半透明膜2の被覆率90%のマスクパターンを選択して形成した。

【0060】

フォトリソグラフィ工程では、具体的にマスクブランクの表面、すなわち遮光膜3の表面に、ポジ型化学増幅型レジストを500nmの膜厚に塗布し、50keVの加速電圧を有した電子ビーム描画装置で描画した。描画後、110℃、15分間ベークを行った後、アルカリ現像液によりスプレー現像し、レジストパターンを形成した。

【0061】

次に、レジストパターンをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングにより遮光膜3と半透明膜2をエッチングした。エッチングガスには、塩素ガスと酸素ガスの混合ガスを用いた。その後、アッシング装置によりレジストを剥離し、洗浄機により洗浄した。次いで、パターン形成領域の遮光膜3をウェットエッチングにより除去することにより、ハーフトーン位相シフトマスクを得た。

【0062】

このようにして作製したフォトマスクの反り量及び平坦度を光学干渉計で測定した結果を表5に示す。

【0063】

【表 5】

表 5

MoSi膜			Cr膜			被覆率	反り量(測定値) (m^{-1})	平坦度 (測定値) (μm)
ヤング率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)	ヤング率 (Gpa)	膜厚 (nm)	内部 応力 (Mpa)			
275	95	-1400	255	59	500	0.3	-1.3×10^{-4}	0.77
275	95	-1400	255	59	1050	0.3	-8.5×10^{-5}	0.49
275	95	-1400	255	59	1050	0.5	-1.3×10^{-4}	0.73
275	95	-1400	255	59	2750	0.3	6.3×10^{-5}	0.37
275	95	-1400	255	59	2750	0.5	2.2×10^{-5}	0.12
275	95	-1400	255	59	2750	0.7	-2.0×10^{-5}	0.12
275	95	-1400	255	59	2750	0.9	-6.2×10^{-5}	0.36
275	95	-1400	255	59	4400	0.7	1.2×10^{-4}	0.77
275	95	-1400	255	59	4400	0.9	8.2×10^{-5}	0.47
275	95	-1400	255	59	5000	0.9	1.3×10^{-4}	0.78

【0064】

すべてのフォトマスクについて、 $1.4 \times 10^{-4} (m^{-1})$ 以下の反り量であった。このように、予めマスクパターン形成後の反り量が所望の反り量になるマスクブランクスを選択することが可能となる。すなわち、マスクパターン形成後の反り量をマスク完成前に予め予測することができ、マスク製作の歩留まりを大きく向上させることができた。

【0065】

従来は、マスクパターン形成後のフォトマスクの反り量を予測する手段が無かったため、マスクパターン形成後に反り量を測定し、所望の反り量が得られているか否かを判断しなければならなかった。このとき、反り量が大きく使用できないこととなったフォトマスクは、そのマスク形成工程が無駄になることが問題となっていた。マスクパターン形成前までのマスクブランクスの製造コストは数十万円であるのに対し、マスクパターン形成には数百万円のコストがかかる。本実施形態を適用することにより、マスク製作のコストを大きく削減することが可能

となった。

【 0 0 6 6 】

また、本実施形態で作製したフォトマスクは、いずれも平坦度が $0.8 \mu\text{m}$ 以下であり、ウェハ露光時の焦点裕度が格段に増し、DRAMなどの半導体製造歩留まりが大きく向上した。さらに、本実施形態で作製したフォトマスクの内、Crの内部応力が 1050MPa のマスクブランク스에、半透明膜2の被覆率30%のパターンを選択して形成したフォトマスク、Crの内部応力が 2750MPa のマスクブランク스에、半透明膜2の被覆率30%、50%、70%、90%のパターンを選択して形成したフォトマスク、およびCrの内部応力が 4400MPa のマスクブランク스에、半透明膜2の被覆率90%のパターンを選択して形成したフォトマスクは、いずれも平坦度が $0.5 \mu\text{m}$ 以下であり、ウェハ露光時の焦点裕度が格段に増し、ウェハ上換算で $0.10 \mu\text{m}$ ルールという微細なパターンにおいてもDRAMなどの半導体製造歩留まりが大きく向上した。

【 0 0 6 7 】

なお、(s 5 3)における $1/R$ の値の算出、(s 5 4)における判定は、人間がマニュアルにより行ってもよいし、コンピュータにより自動的に実行させるようにしてもよい。

【 0 0 6 8 】

コンピュータにより自動実行させる場合、例えば図6に示すようなコンピュータを用いればよい。図6に示すように、このコンピュータはプロセッサ61と、このプロセッサ61に接続された入力装置62、出力装置63、データベース64及び通信インタフェース65から構成される。プロセッサ61は例えばCPUなどにより実現される。(s 5 2)の測定結果をキーボードやマウスなどからなる入力装置62を用いてオペレータが入力すると、プロセッサ61はデータベース64から上述した式(1)を読み出し、 $1/R$ の値を自動で算出する。そして、得られた $1/R$ の絶対値と、予めデータベース64に記録された所望の反り量Aを比較する。反り量Aは入力装置62を用いて入力してもよい。 $|1/R|$ が所望の反り量Aよりも小さい場合には、平坦度が所望の値以下であることを示す判定結果をCRTなどの出力装置63から出力する。これにより、フォトマスク

の反り量の自動予測が可能となる。なお、入力装置 6 2 から入力されるデータや、データベース 6 4 に格納されたデータは、通信インタフェース 6 5 を介して外部の端末などのコンピュータなどから受信してもよい。

【 0 0 6 9 】

また、上述したプロセッサ 6 1 が行う自動処理を実行するためのプログラムを記録媒体に記録しておき、プロセッサ 6 1 に接続された記録媒体読取装置を用いて読み出し自動判定処理を実行してもよい。

【 0 0 7 0 】

本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

【 0 0 7 1 】

上述した実施形態では、基板 1，半透明膜 2 及び遮光膜 3 として、石英、MoSi 及び Cr を用いる場合を示したが、これら以外の材質を用いたフォトマスクにも適用可能であることはもちろんである。

【 0 0 7 2 】

また、半導体装置を製造する場合を例に説明したが、半導体装置以外のあらゆる電子部品の製造に本実施形態のフォトマスクを適用することができることはもちろんである。

【 0 0 7 3 】

また、図 2 に示した工程に本発明のフォトマスクの製造方法が限定されるものではない。例えば、図 2 (c) に示す工程で、あるいはその後の工程で、遮光膜 3 及び半透明膜 2 が除去されて露出した石英基板 1 の表面を所定の深さだけ掘り込んでもよい。これにより、透過領域 4 a を透過する光と半透過領域 4 b を透過する光の位相を制御することができる。

【 0 0 7 4 】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、所望の平坦度を有するフォトマスクが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態に係るフォトマスクの全体構成を示す縦断面図。

【図 2】

同実施形態に係るフォトマスクの製造方法の工程断面図。

【図 3】

同実施形態に係るハーフトーン位相シフトマスクを用いた電子部品の製造方法の工程断面図。

【図 4】

同実施形態に係る露光装置の構成の一例を示す図。

【図 5】

本発明の第 2 実施形態に係るフォトマスクの製造方法のフローチャートを示す図。

【図 6】

同実施形態の変形例に関わるフォトマスクの製造に用いられるコンピュータの一例を示す図。

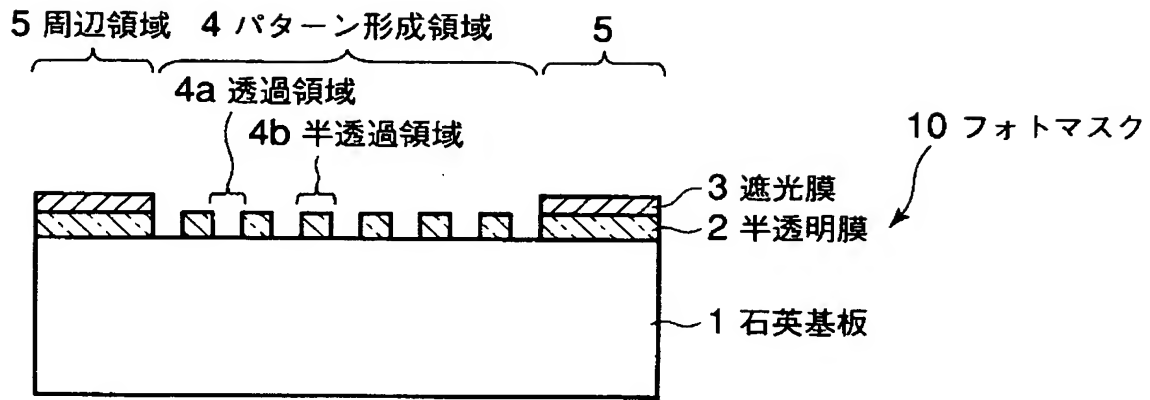
【符号の説明】

- 1 …石英基板
- 2 …半透明膜
- 3 …遮光膜
- 4 …パターン形成領域
- 4 a …透過領域
- 4 b …半透過領域
- 5 …周辺領域
- 1 0 …フォトマスク
- 3 0 …露光装置
- 3 1 …照明光学系
- 3 2 …投影光学系
- 3 3 …被加工基板
- 3 4 …フォトレジスト
- 3 5 …膜

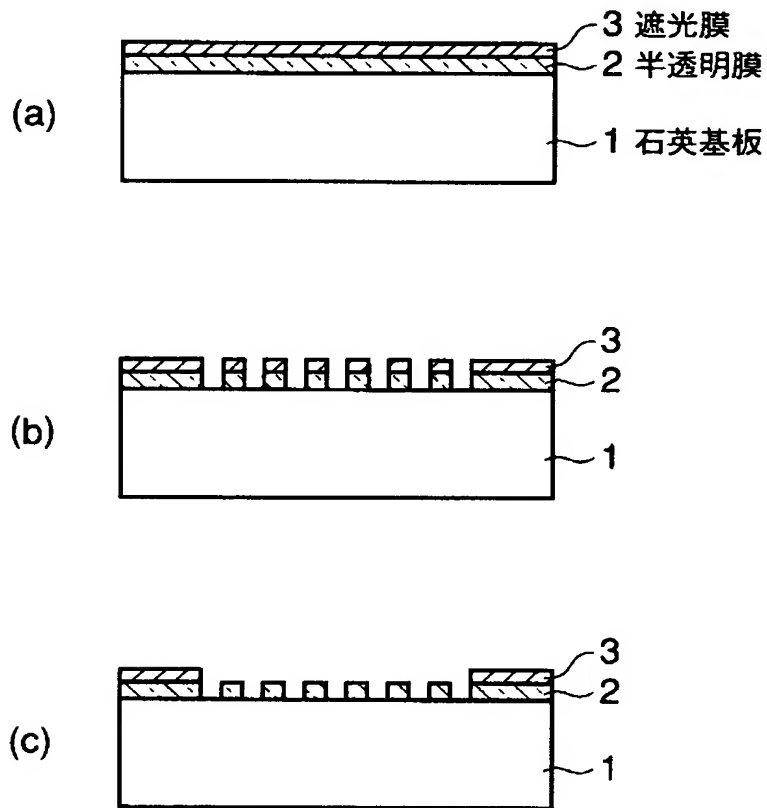
3 6 … ステージ

【書類名】 図面

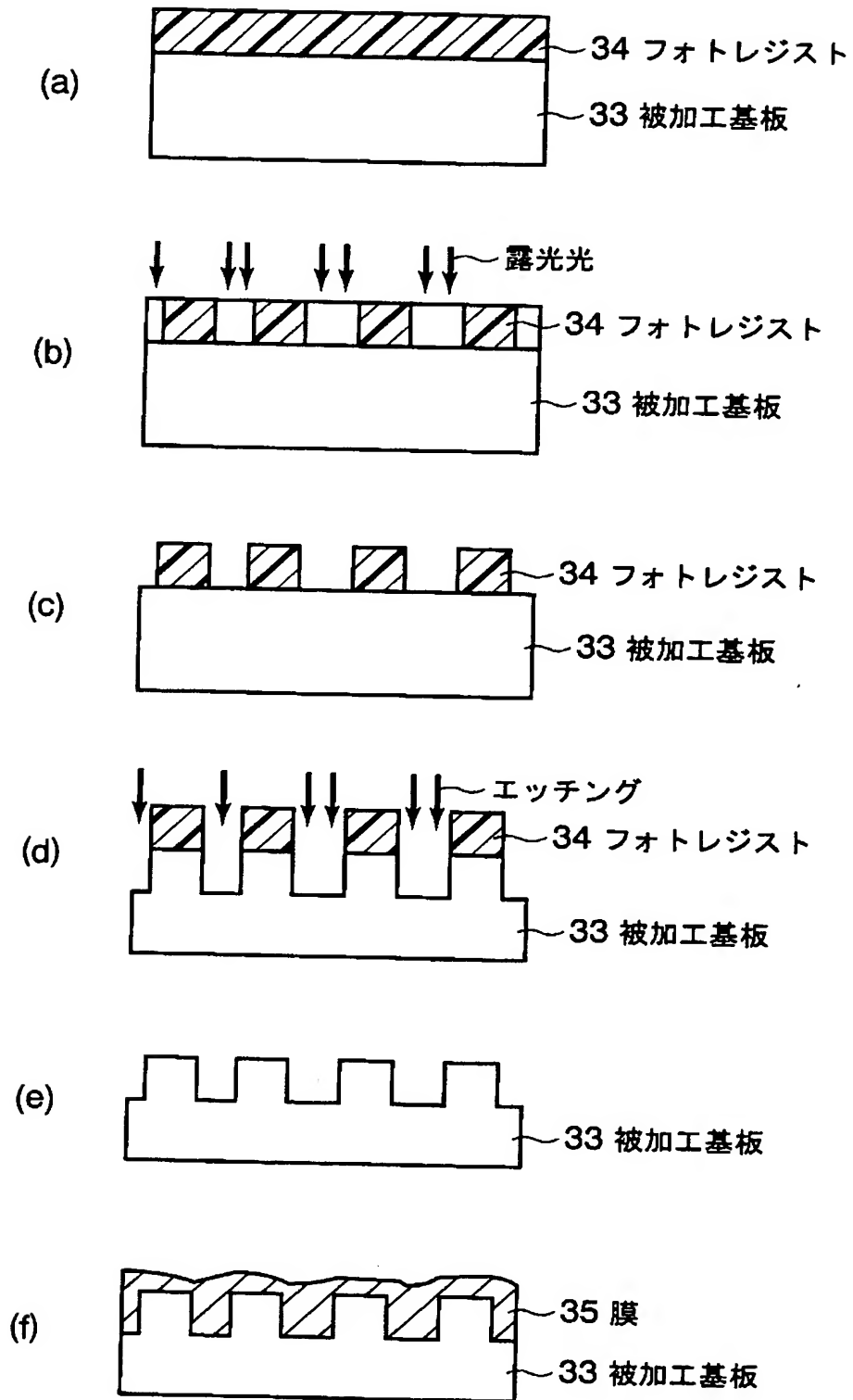
【図 1】



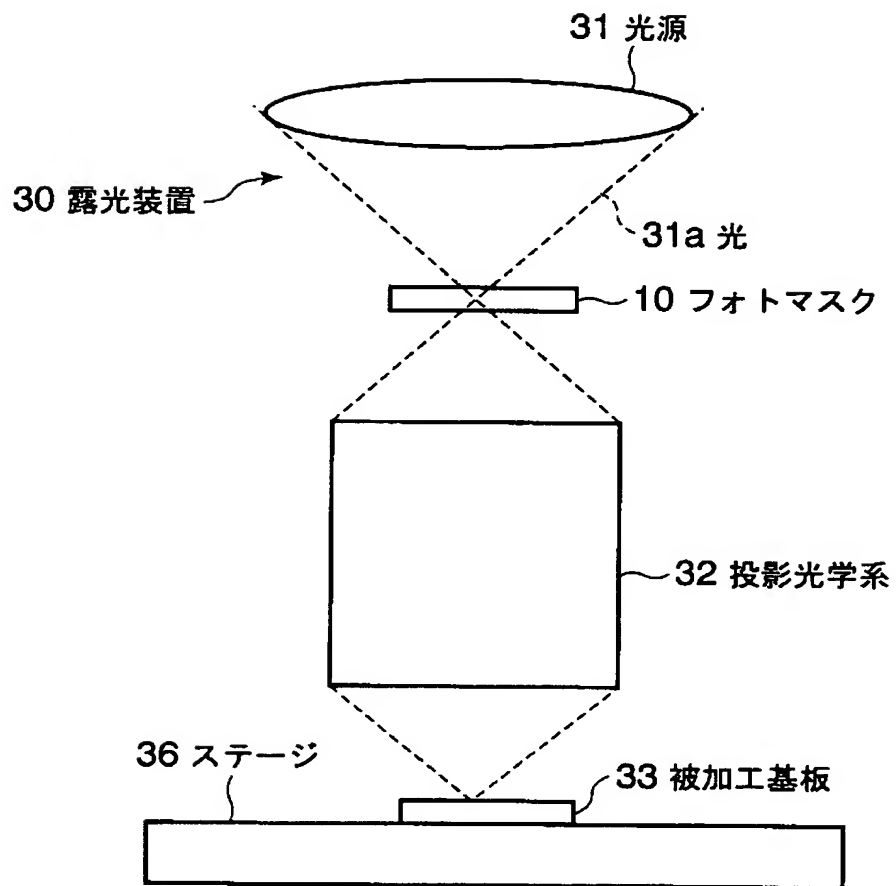
【図 2】



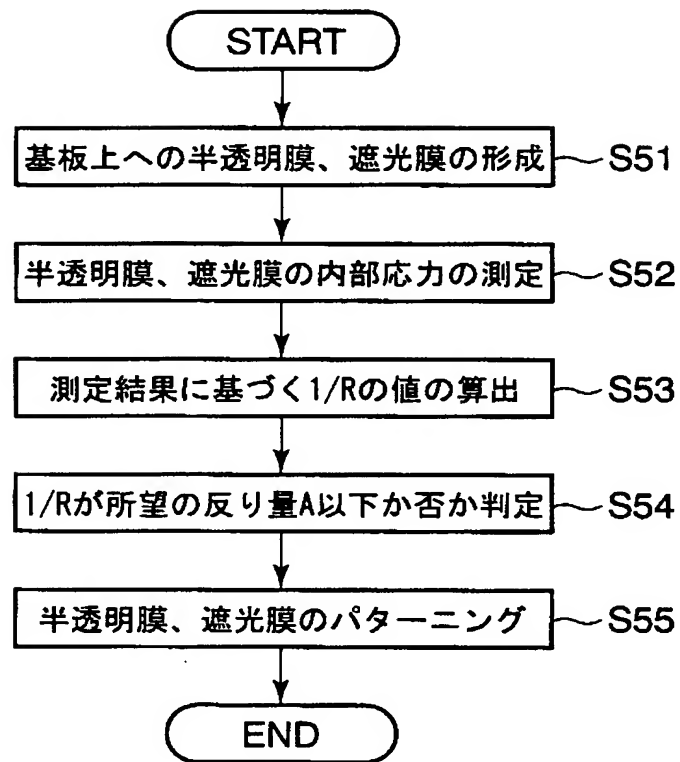
【図 3】



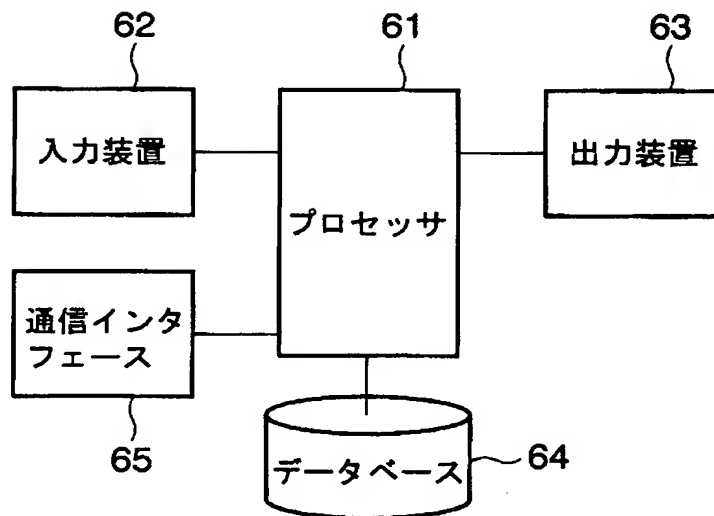
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の平坦度を有するフォトマスクを提供する。

【解決手段】 石英基板 1 と、石英基板 1 上に選択的に形成された半透明膜 2 と、半透明膜 2 上に選択的に形成された遮光膜 3 からなるフォトマスク 10 であって、石英基板 1、半透明膜 2 及び遮光膜 3 の各々のヤング率 (MPa) を E_0 、 E_1 及び E_2 とし、各々の厚さ (m) を d_0 、 d_1 及び d_2 とし、半透明膜 2 及び遮光膜 3 の室温における各々の内部応力 (MPa) を s_1 及び s_2 とし、遮光膜 3 が形成されていない領域における半透明膜 2 の被覆率を h とし、係数 k_1 乃至 k_4 をそれぞれ $k_1 = 1.3 \times 10^{-8}$ 、 $k_2 = -9.5 \times 10^{-2}$ 、 $k_3 = 6.0 \times 10^{-7}$ 、 $k_4 = -5.2 \times 10^{-2}$ とすると、 $|1/E_0 \cdot d_0 \{h(k_1 \cdot s_1/E_1 \cdot d_1 + k_2) + (k_3 \cdot s_1/E_1 \cdot d_1 + k_4)\}| \leq 1.4 \times 10^{-4} \text{ (m}^{-1}\text{)}$ の条件を満たす。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝